

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-230962

(43)Date of publication of application : 22.08.2000

(51)Int. Cl.

G01R 31/26

G01R 31/28

H01L 21/66

(21)Application number : 11-032120

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 10.02.1999

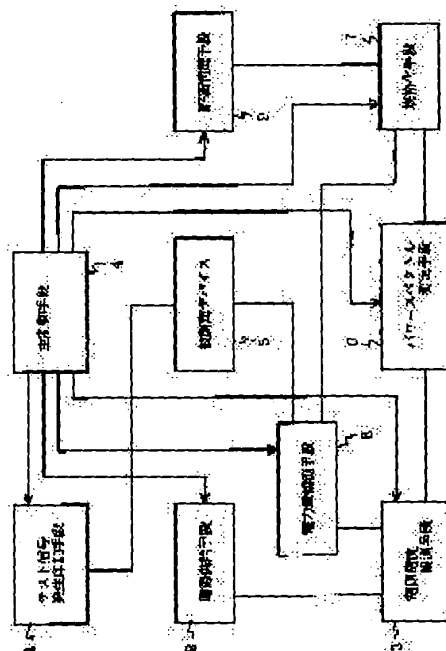
(72)Inventor : SAKAGUCHI KAZUHIRO

(54) APPARATUS AND METHOD FOR INSPECTION OF FAILURE IN INTEGRATED CIRCUIT, AS WELL AS RECORDING MEDIUM RECORDING ITS CONTROL PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a failure detecting apparatus which can prevent a drop in the accuracy of the detection of a failure in an integrated circuit due to the difference in a device characteristic.

SOLUTION: A power-supply means 2 supplies a power to a device 5 to be measured. A test-signal generation and application means 1 generates a test signal so as to be applied to the device 5 to be measured. A power-supply current which is supplied to the device 5 to be measured, in a state that the test signal is applied is observed by a power-supply-current observation means 3. The power spectrum of the power-supply current is observed by a power-spectrum measuring means 6. A time-average electric energy of the power-supply current is observed by an electric-energy observation means 8. A standardization means 7 standardizes the power spectrum of the power-supply current by using the electric energy, and a standardized power spectrum is obtained. An evaluation and judgment means 9 compares the standardized power spectrum with a prescribed standardization value, and whether a failure exists or not in the device 5 to be measured is judged.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3169006

[Date of registration]

16.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-230962

(P2000-230962A)

(43) 公開日 平成12年8月22日(2000.8.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 1 R 31/26		G 0 1 R 31/26	G 2 G 0 0 3
	31/28	H 0 1 L 21/66	H 2 G 0 3 2
H 0 1 L 21/66		G 0 1 R 31/28	M 4 M 1 0 6
			H

審査請求 有 請求項の数26 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平11-32120

(22) 出願日 平成11年2月10日(1999.2.10)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 坂口 和宏

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

F ターム(参考) 2G003 AA07 AB02 AE06 AH01 AH02
AH05 AH10

2G032 AA00 AB20 AC03 AD01 AD04
AE12

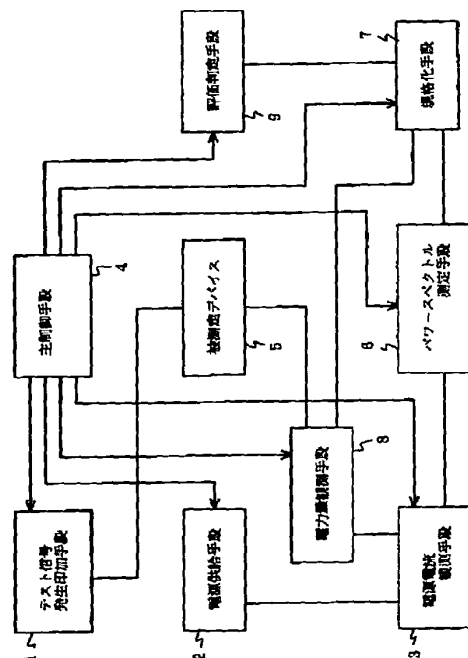
4M106 AA04 BA14 CA70 DG23 DJ20

(54) 【発明の名称】 集積回路の故障検査装置及びその検査方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 デバイス特性の相違による集積回路の故障検出の精度低下を防止可能な故障検出装置を提供する。

【解決手段】 電源供給手段2は被測定デバイス5に電源を供給する。テスト信号発生印加手段1はテスト信号を発生し、被測定デバイス5に印加する。テスト信号が印加された状態で被測定デバイス5に供給される電源電流は電源電流観測手段3で観測され、パワースペクトル測定手段6で電源電流のパワースペクトルが観測される。電源電流の時間平均電力量は電力量観測手段8で観測される。規格化手段7は電源電流のパワースペクトルを電力量で規格化し、規格化パワースペクトルを得る。評価判定手段9は規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較し、被測定デバイス5の故障の有無を判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査装置であって、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給する電源供給手段と、予め設定された長さ T のテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に供給するテスト信号発生印加手段と、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成する電源電流観測手段と、前記電源電流観測手段からの前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出するパワースペクトル測定手段と、前記パワースペクトル測定手段で算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算する規格化手段と、前記規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較して前記被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定手段とを有することを特徴とする故障検査装置。

【請求項2】 前記テスト信号発生印加手段は、前記テスト信号波形の時系列情報を格納するボタンデータ記憶手段と、前記テスト信号の速さと大きさとテスト信号を発生する順序とを少なくとも示す情報を格納するプログラム記憶手段と、前記テスト信号波形の時系列情報と前記情報とから前記テスト信号を生成するテストボタン発生手段とを含むことを特徴とする請求項1記載の故障検査装置。

【請求項3】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電力量を算出する電力量観測手段を含み、前記規格化手段は、前記パワースペクトル測定手段で算出されたパワースペクトルを前記電力量観測手段で算出された前記電源電流の時間平均電力量で規格化して前記規格化パワースペクトルを計算するよう構成したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の故障検査装置。

【請求項4】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電流値を観測する平均電流観測手段を含み、前記規格化手段は、前記パワースペクトル測定手段で算出されたパワースペクトルを前記平均電流観測手段で観測された時間平均電流値で規格化して前記規格化パワースペクトルを計算するよう構成したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の故障検査装置。

【請求項5】 前記規格化手段は、前記パワースペクトル測定手段で算出されたパワースペクトルの周波数0のスペクトルパワーを用いて前記パワースペクトルを規格化するよう構成したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の故障検査装置。

【請求項6】 前記規格化手段は、前記パワースペクトル測定手段で算出されたパワースペクトルの周波数 n/T

T (n は自然数)のスペクトルパワーを用いて前記パワースペクトルを規格化するよう構成したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の故障検査装置。

【請求項7】 集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査装置であって、予め設定された長さ T のテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に印加するテストと、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給する電源ユニットと、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成する電源電流観測ユニットと、前記電源電流観測ユニットからの観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出するスペクトルアナライザと、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算する規格化ユニットと、前記規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較して前記被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定ユニットとを有することを特徴とする故障検査装置。

【請求項8】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電力量を観測する電力量計を含み、前記規格化ユニットは、前記電力量計で観測された時間平均電力量を用いて前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを規格化して前記規格化パワースペクトルを算出するよう構成したことを特徴とする請求項7記載の故障検査装置。

【請求項9】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電流値を求める平均電流計を含み、前記規格化ユニットは、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを前記平均電流計で求めた時間平均電流値で規格化して前記規格化パワースペクトルを求めるよう構成したことを特徴とする請求項7記載の故障検査装置。

【請求項10】 前記規格化ユニットは、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルの周波数0のスペクトルパワーを抽出しかつ当該スペクトルパワーで前記パワースペクトルを規格化するよう構成したことを特徴とする請求項7記載の故障検査装置。

【請求項11】 前記規格化ユニットは、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルの周波数 n/T (n は自然数)のスペクトルパワーを抽出しかつ当該スペクトルパワーで前記パワースペクトルを規格化するよう構成したことを特徴とする請求項7記載の故障検査装置。

【請求項12】 集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査方法

であって、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給するステップと、予め設定された長さ T のテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に供給するステップと、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成するステップと、前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出するステップと、その算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算するステップと、前記規格化パワースペクトルを所定の1つ以上の周波数において予め用意した規格値と比較しかつどの周波数において前記規格化パワースペクトルが前記規格値の範囲に入るかを調査してその頻度を算出するステップと、前記頻度と所定の閾値とから前記被試験デバイスの故障の有無を判定するステップとを有することを特徴とする故障検査方法。

【請求項13】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電力量を算出するステップを含み、前記規格化パワースペクトルを計算するステップは、前記パワースペクトルを前記時間平均電力量で規格化して前記規格化パワースペクトルを算出するようにしたことを特徴とする請求項12記載の故障検査方法。

【請求項14】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電流値を算出するステップを含み、前記規格化パワースペクトルを計算するステップは、前記パワースペクトルを前記時間平均電流値で規格化して前記規格化パワースペクトルを算出するようにしたことを特徴とする請求項12記載の故障検査方法。

【請求項15】 前記規格化パワースペクトルを計算するステップは、前記パワースペクトルのうち周波数0（直流）に対するスペクトルパワーを抽出しかつ前記パワースペクトルを前記周波数0に対するスペクトルパワーで規格化して前記規格化パワースペクトルを算出するようにしたことを特徴とする請求項12記載の故障検査方法。

【請求項16】 前記規格化パワースペクトルを計算するステップは、前記パワースペクトルのうち周波数 n/T （ n は自然数）に対するスペクトルパワーを求めかつ前記パワースペクトルを前記周波数 n/T に対するスペクトルパワーで規格化して前記規格化パワースペクトルを算出するようにしたことを特徴とする請求項12記載の故障検査方法。

【請求項17】 中央処理装置に、集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査させるための故障検査制御プログラムを記録した記録媒体であって、前記故障検査制御プログラムは前記中央処理装置に、所定の電源電圧を発生させて被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給させ、予め設定された長さ T のテ

スト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に供給させ、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成させ、前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出させ、その算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算させ、前記規格化パワースペクトルを所定の1つ以上の周波数において予め用意した規格値と比較しかつどの周波数において前記規格化パワースペクトルが前記規格値の範囲に入るかを調査させてその頻度を算出させ、前記頻度と所定の閾値とから前記被試験デバイスの故障の有無を判定させることを特徴とする故障検査制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項18】 前記故障検査制御プログラムは前記中央処理装置に、前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電力量を算出させ、前記規格化パワースペクトルを計算させる際に、前記パワースペクトルを前記時間平均電力量で規格化して前記規格化パワースペクトルを算出させることを特徴とする請求項17記載の故障検査制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項19】 前記故障検査制御プログラムは前記中央処理装置に、前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電流値を算出させ、前記規格化パワースペクトルを計算させる際に、前記パワースペクトルを前記時間平均電流値で規格化して前記規格化パワースペクトルを算出させることを特徴とする請求項17記載の故障検査制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項20】 前記故障検査制御プログラムは前記中央処理装置に、前記規格化パワースペクトルを計算させる際に、前記パワースペクトルのうち周波数0（直流）に対するスペクトルパワーを抽出させかつ前記パワースペクトルを前記周波数0に対するスペクトルパワーで規格化して前記規格化パワースペクトルを算出させることを特徴とする請求項17記載の故障検査制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項21】 前記故障検査制御プログラムは前記中央処理装置に、前記規格化パワースペクトルを計算させる際に、前記パワースペクトルのうち周波数 n/T （ n は自然数）に対するスペクトルパワーを求めさせかつ前記パワースペクトルを前記周波数 n/T に対するスペクトルパワーで規格化して前記規格化パワースペクトルを算出させることを特徴とする請求項17記載の故障検査制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項22】 集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査装置であって、

予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に印加する基本ユニットを含むテストを有し、

前記テストは、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給する電源ユニットと、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成する電源電流観測ユニットと、前記電源電流観測ユニットからの前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出する算出するスペクトルアナライザと、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算する規格化ユニットと、前記規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較して前記被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定ユニットとを有することを特徴とする故障検査装置。

【請求項23】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電力量を観測する電力量計を前記テストに含み、前記規格化ユニットは、前記電力量計で観測された時間平均電力量を用いて前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを規格化して前記規格化パワースペクトルを算出するよう構成したことを特徴とする請求項22記載の故障検査装置。

【請求項24】 前記被測定デバイスに供給する電源電流の時間平均電流値を求める平均電流計を前記テストに含み、前記規格化ユニットは、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを前記平均電流計で求めた時間平均電流値で規格化して前記規格化パワースペクトルを求めるよう構成したことを特徴とする請求項22記載の故障検査装置。

【請求項25】 前記規格化ユニットは、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルの周波数0のスペクトルパワーを抽出しかつ当該スペクトルパワーで前記パワースペクトルを規格化するよう構成したことを特徴とする請求項22記載の故障検査装置。

【請求項26】 前記規格化ユニットは、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルの周波数 n/T (n は自然数)のスペクトルパワーを抽出しかつ当該スペクトルパワーで前記パワースペクトルを規格化するよう構成したことを特徴とする請求項22記載の故障検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は集積回路の故障検査装置及びその検査方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体に関し、特に集積回路の電源電流のパワースペクトル解析に基づく集積回路の故障検査方法に関す

る。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の集積回路の故障検査方法としては、例えば集積回路の電源電流のパワースペクトルを解析することで、集積回路の故障検査を実施する方法が本願出願人から提案されている。

【0003】この故障検査方法では、テストボタン格納ユニットとプログラム格納ユニットとからの情報によってLSI（大規模集積回路）テストでテスト信号が発生されてDUT（被測定デバイス）に印加される。

【0004】DUTの電源は電源ユニットで発生され、電流検出ユニットを介してDUTに供給される。供給される電源電流情報は電流検出ユニットで検出され、スペクトル解析ユニットへ送られる。スペクトル解析ユニットでは送られた電源電流情報に基づいて電源電流のパワースペクトルを観測し、観測結果を判定器へ送る。判定器ではパワースペクトルの観測結果からDUTの良品／不良品判定を実施する。

【0005】LSIテストで発生させるテスト信号は同一テスト信号を繰返し発生し、DUTに印加される。その時のテスト信号の繰返し周期はTである。DUTは電源から電源を供給されるが、印加されるテスト信号が周期Tで同一のテスト信号が印加されるため、テスト信号の印加によって流れる電源電流も周期Tで流れることとなる。

【0006】電流検出ユニットでは電源電流の大きさが検出され、その情報がスペクトル解析ユニットへ送られてスペクトル解析されるが、流れる電源電流がTなる周期性を持つことから、電源電流のパワースペクトルは周波数 $1/T$ 及びその整数倍の高調波において特異的にピークを持つ。

【0007】DUTに何らかの故障が存在していた場合、テスト信号の印加によって流れる電源電流の挙動が変化することがあるので、電源電流のパワースペクトルも故障がない場合と比較して異なることとなる。そのため、故障のないDUTのパワースペクトルをリファレンスとして準備しておき、判定器では観測したパワースペクトルとリファレンスとを比較することでDUTに故障があるかないかを判定している。

【0008】また、従来の集積回路の故障検査方法としては、特許第2783243号（以下、文献1とする）に記載された方法もある。この文献1に記載された故障検査装置は、図16に示すように、テスト31と、プログラム格納ユニット32と、パターン格納ユニット33と、被試験CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）集積回路34と、電源ユニット35と、電流検出器36と、アンプ37と、パワースペクトル解析ユニット38と、判定器39とから構成されている。

【0009】上記の故障検査装置の動作を図17に示

す。これらの図を用いて文献1に記載の故障検査方法について説明する。まず、テスト31によってテストパターンが繰返し被試験CMOS集積回路34に印加される(図17ステップS41)。この時、テストパターンの各パターンの周期はT秒であり、パターン数がNの時、テストパターンの繰返し周期はNT+T0秒である。【0010】電流検出器36は被試験CMOS集積回路34に流れる電源電流を観測し、観測信号を生成する(図17ステップS42)。この観測信号はアンプ37を通してフィルタリングされ、パワースペクトル解析ユニット38で電源電流のパワースペクトル情報が生成される(図17ステップS43)。判定器39はこのパワースペクトル情報から $1/(NT+T0)$ (Hz)におけるパワースペクトルを得て、その大きさによって被試験CMOS集積回路34の故障の有無を判定する(図17ステップS44)。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の故障検査方法では、DUTが集積回路であるため、製造時のプロセス条件によって集積回路を構成するトランジスタや抵抗等の各素子のパラメータが変動するため、同一の故障のないDUT同士であっても、製造条件の相違によってテスト信号を印加した時の電源電流の挙動も微妙に変化する可能性がある。

【0012】このため、電源電流のパワースペクトルも故障のないDUT同士であっても異なる可能性がある。すなわち、リファレンスからの相違でDUTの故障の有無を判定する際に、その相違が製造条件の違いによるものか、あるいは故障の存在によるものかの判定が困難となることがあり、正確な故障検査を実施する上で問題となる。これは故障の有無を判定するのに基準値を用いている文献1に記載の故障検査方法でも、上記の問題点を解決することはできない。

【0013】そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、製造条件が変動しても正確に故障検査を行うことができる集積回路の故障検査装置及びその検査方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明による集積回路の故障検査装置は、集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査装置であって、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給する電源供給手段と、予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に供給するテスト信号発生印加手段と、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成する電源電流観測手段と、前記電

源電流観測手段からの前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出するパワースペクトル測定手段と、前記パワースペクトル測定手段で算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算する規格化手段と、前記規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較して前記被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定手段とを備えている。

【0015】本発明による他の集積回路の故障検査装置は、集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査装置であって、予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に印加するテストと、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給する電源ユニットと、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成する電源電流観測ユニットと、前記電源電流観測ユニットからの観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出するスペクトルアナライザと、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算する規格化ユニットと、前記規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較して前記被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定ユニットとを備えている。

【0016】本発明による集積回路の故障検査方法は、集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査方法であって、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給するステップと、予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に供給するステップと、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成するステップと、前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出するステップと、その算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算するステップと、前記規格化パワースペクトルを所定の1つ以上の周波数において予め用意した規格値と比較しかつその周波数において前記規格化パワースペクトルが前記規格値の範囲に入るかを調査してその頻度を算出するステップと、前記頻度と所定の閾値とから前記被試験デバイスの故障の有無を判定するステップとを備えている。

【0017】本発明による集積回路の故障検査制御プログラムを記録した記録媒体は、中央処理装置に、集積回

路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査させるための故障検査制御プログラムを記録した記録媒体であって、前記故障検査制御プログラムは前記中央処理装置に、所定の電源電圧を発生させて被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給させ、予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に供給させ、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成させ、前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出させ、その算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算させ、前記規格化パワースペクトルを所定の1つ以上の周波数において予め用意した規格値と比較しかつどの周波数において前記規格化パワースペクトルが前記規格値の範囲に入るかを調査させてその頻度を算出させ、前記頻度と所定の閾値とから前記被試験デバイスの故障の有無を判定させている。

【0018】本発明による別の集積回路の故障検査装置は、集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで前記集積回路の故障を検査する集積回路の故障検査装置であって、予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて前記被測定デバイスの入出力端子に印加する基本ユニットを含むテストを備え、前記テストは、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給する電源ユニットと、前記被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成する電源電流観測ユニットと、前記電源電流観測ユニットからの前記観測信号に基づいて前記電源電流のパワースペクトルを算出する算出するスペクトルアナライザと、前記スペクトルアナライザで算出されたパワースペクトルを前記被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算する規格化ユニットと、前記規格化パワースペクトルを所定の規格値と比較して前記被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定ユニットとを備えている。

【0019】すなわち、本発明の集積回路の故障検査装置は、集積回路の故障をテスト信号を印加した時の電源電流の異常を電源電流のパワースペクトルの相違で検出する故障検査装置において、被測定デバイスの動作のための電源電流を発生供給する電源供給手段と、被測定デバイスへ印加するテスト信号を発生し、被測定デバイスに印加するテスト信号発生印加手段と、被測定デバイスに供給される電源電流を逐次観測し、その電源電流の値を時系列データである観測信号を生成する電源電流観測手段と、電源電流の時間平均電力量を観測する電力量観測手段と、電源電流観測手段からの観測信号から電源電

流のパワースペクトルを求めるパワースペクトル測定手段と、電力量観測手段で観測した電源電流の時間平均電力量でパワースペクトルを規格化する規格化手段と、規格化したパワースペクトルと予め準備してある規格値とを比較評価することで被測定デバイスの故障の有無を判定する評価判定手段と、上記の各手段を制御する主制御手段とからなる。

【0020】本発明による集積回路の故障検査方法は、被測定デバイスの動作の為に電源を発生して被測定デバイスへ供給し、被測定デバイスへのテスト信号を発生して被測定デバイスへ印加し、電源の電源電流値を逐次観測して観測信号を生成し、電源電流の時間平均電力量を算出し、電源電流の観測信号から電源電流のパワースペクトルを算出し、時間平均電力量でパワースペクトルを規格化し、規格化したパワースペクトルを予め準備してある規格値と比較してどの程度規格値を満たすかを判定し、規格値を満たす度合によって被測定デバイスの故障の有無を判定している。

【0021】上記のように、電源電流のパワースペクトルを電源電流の時間平均電力量で規格化して評価することで、デバイス間の特性の差による電源電流のパワースペクトルの違いを相殺し、真に故障の存在による電源電流のパワースペクトルの違いを検出することで、高精度な集積回路の故障検査が可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第1の実施の形態による故障検査装置はテスト信号発生印加手段1と、電源供給手段2と、電源電流観測手段3と、主制御手段4と、被測定デバイス5と、パワースペクトル測定手段6と、規格化手段7と、電力量観測手段8と、評価判定手段9とから構成されている。

【0023】テスト信号発生印加手段1は主制御手段4からの指令によってテスト信号を生成し、テスト信号発生印加手段1に接続される被測定デバイス5にテスト信号を印加する。電源供給手段2は電源電流観測手段3に接続され、主制御手段4からの指令によって定められた電圧からなる電源を発生させて電源電流観測手段3に電源を供給する。

【0024】電源電圧観測手段3は電力量観測手段8を介して被測定デバイス5に接続され、電源供給手段2から供給される電源を被測定デバイス5に供給するとともに、電源電流量を主制御手段4からの指令によって観測信号とし、電源電流観測手段3に接続するパワースペクトル測定手段6に送付する。

【0025】電力量観測手段8は被測定デバイス5に供給する電源電流の電力量を主制御手段4の指令によって算出し、電力量観測手段8に接続する規格化手段7に送

付する。パワースペクトル観測手段6は規格化手段7に接続され、主制御手段4からの指令によって電源電流観測手段3からの電流量の観測信号から被測定デバイス5に供給される電源電流のパワースペクトルを算出し、規格化手段7に送付する。

【0026】規格化手段7は主制御手段4からの指令によって、電力量観測手段8から送付された電力量を用い、パワースペクトル測定手段6から送付されたパワースペクトルを規格化し、規格化手段7に接続する評価判定手段9に送る。評価判定手段9は主制御手段4からの指令によって予め定められた判定基準に基づいて規格化手段7から送られたデータを判定し、被測定デバイス5の故障の有無を判定し、その結果を出力する。

【0027】図2は図1のテスト信号発生印加手段1の構成を示すブロック図である。図において、ボタンデータ記憶手段101にはテスト信号発生印加手段1で発生するテスト信号の波形の時系列情報が格納されている。プログラム記憶手段102にはテスト信号の速さや大きさ、及びテスト信号を発生する順序等の情報が格納されている。

【0028】テストボタン発生手段103では接続するボタンデータ記憶手段101及びプログラム記憶手段102に格納された情報を基にテスト信号を生成し、被測定デバイス5に印加する。

【0029】図3は図1の主制御手段4の構成を示すブロック図である。図において、制御プログラム記憶手段104には主制御手段4が発生する各種指令のための制御手順が格納されている。制御データ記憶手段105には主制御手段4が発生する各種指令の数値データが格納されている。

【0030】中央処理実行手段106には制御プログラム記憶手段104と制御データ記憶手段105とが接続され、制御プログラム記憶手段104に格納された制御手順と制御データ記憶手段105に格納された数値データとに基づいて各種指令を生成して発信する。

【0031】図4は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の動作を示すフローチャートである。これら図1～図4を参照して、本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の動作について説明する。

【0032】電源供給手段2では主制御手段4からの電源発生指令及び発生電圧情報を基に電圧を発生させ、電源電流観測手段3に発生した電源電流を供給する。電源電流観測手段3では電源供給手段2から送られてきた電源電流を主制御手段4からの指令によって電力量観測手段8を介して被測定デバイス5の電源端子に供給するが（図4ステップS1）、その際、供給する電流量を逐次観測し、電流値の時系列データをパワースペクトル測定手段6に伝達する（図4ステップS3）。

【0033】また、電力量観測手段8では主制御手段4からの指令によって被測定デバイス5に供給する電力量

の時間平均を算出し、その情報を規格化手段7に送る（図4ステップS4）。

【0034】テスト信号発生印加手段1では主制御手段4からのテスト信号発生の指令を受けて、ボタンデータ記憶手段101からテスト信号の時系列情報による波形情報とプログラム記憶手段102からテスト信号の大きさや速さ等の情報を基にテストボタン発生手段103でテスト信号を発生する。一連のテスト信号は繰返し連続的に発生され、その周期はTである。発生されたテスト信号は主制御手段4からの印加指令によって被測定デバイス5の電源端子を除く入出力端子に対して印加される（図4ステップS2）。

【0035】パワースペクトル測定手段6では電源電流観測手段3から送られた電流量のデータから、主制御手段4からの指令を基に被測定デバイス5に供給される電源電流のパワースペクトルを算出する。算出したパワースペクトルは規格化手段7に送られる（図4ステップS5）。

【0036】規格化手段7では主制御手段4からの指令によってパワースペクトル測定手段6から送られたパワースペクトル情報を、電力量観測手段8から送られた電力量の情報をを用いて規格化する（図4ステップS6）。規格化されたパワースペクトル情報は評価判定手段9に送られる。

【0037】評価判定手段9では主制御手段4からの指令によって予め用意された規格値、あるいは主制御手段4から送られた規格値に基づき、規格化手段7から送られた規格化パワースペクトル情報を評価する。評価方法は評価対象とする周波数における規格化されたスペクトルパワー値が規格値を満すか否かを調査することによる（図4ステップS7）。調査した結果、観測値が規格値を一定の割合で満足すれば、被測定デバイス5には故障がないと判定し、そうでなければ故障があると判定し、その判定結果を出力する（図4ステップS8）。

【0038】図5は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の観測値の評価方法の具体例を示す図である。この図5を参照して本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の観測値の評価方法を具体的に説明する。

【0039】図5においては規格値及び観測値の具体例を示している。この場合、周波数F1～F5の周波数における規格化されたスペクトルパワーで評価する。図に示すように、観測値は5つの周波数のうち、3つの周波数において規格値を満足している（図5の○印）。一方、2つの周波数では規格値を満足していない（図5の×印）。

【0040】被測定デバイスの故障の有無の判定条件が、「5つの評価対象周波数において4つ以上の周波数において規格値を満たすこと」という条件であった場合、図5に示した観測値では3つの周波数において規格

値を満たすだけであり、故障があると判定される。

【0041】主制御手段4では制御プログラム記憶手段104に格納された制御プログラムに基づいて中央処理実行手段106で各種指令を生成して送出する。この時、送出する内容やタイミング等のデータは制御データ記憶手段105に格納されている制御データを用いる。

【0042】被測定デバイス5は集積回路であり、集積回路の電源電流は集積回路を構成するトランジスタや抵抗等の各素子の特性に大きく影響される。ところで、同一種類のデバイス同士であっても、デバイス間には大なり小なり特性の差が存在しており、そのために故障のないデバイス同士であっても電源電流の挙動が異なることとなる。

【0043】しかしながら、その電源電流の挙動の違いは単に互いに定数倍の関係であることが多い。このような場合、電源電流のパワースペクトルを電源電流の電力量で規格化することで、デバイス間の特性の差による電源電流の挙動の差は相殺されるため、故障による電源電流の変動と、特性の差による電源電流の変動とを分離することができ、正確な故障検査が実施可能となる。

【0044】上記の効果について数式を用いて説明する。同一種のデバイスA、Bを考える。テスト信号をデバイスA、Bに印加した時に流れる電源電流を $i_A(t)$ 、 $i_B(t)$ とする。テスト信号は周期Tの周期信号であるため、流れる電源電流もTの周期電流となる。

【0045】電源電圧をVとすると、両デバイスA、Bに供給される電力量 W_A 、 W_B はそれぞれ、

$$W_A = 1/T \cdot \int i_A(t) \cdot V \cdot dt$$

$$W_B = 1/T \cdot \int i_B(t) \cdot V \cdot dt$$
 で表わされる。但し、積分区間は電源電流の1周期分である。

【0046】これらの電力量は電力量観測手段9で観測される。デバイスA、B間の特性の差がもたらす電源電流の相違が、

$$i_A(t) = k_A \cdot i(t)$$

$$i_B(t) = k_B \cdot i(t)$$

と定数 k_A 、 k_B を用いて表わされたとすると、電力量は、

$$W_A = 1/T \cdot \int k_A i(t) \cdot V \cdot dt$$

$$W_B = 1/T \cdot \int k_B i(t) \cdot V \cdot dt$$

となる。

【0047】 $i(t)$ をフーリエ級数展開すると、 $i(t)$ がTの周期を持つことから、

$$i(t) = c_k \cdot \sum \sin(2\pi \cdot k \cdot t/T)$$
 $(k=0, 1, 2, \dots)$ で表わされる。ここで、 Σ は $k=1$ から ∞ までの総和である。

【0048】また、フーリエ級数展開の結果を用いると電力量 W_A 、 W_B は、

$$W_A = k_A \cdot c_0 \cdot V$$

$$W_B = k_B \cdot c_0 \cdot V$$

のように表わされる。

【0049】デバイスAに流れる電源電流のパワースペクトルを各周波数成分毎の波高値で表わすと、その値は直流、周波数 $1/T$ 、 $2/T$ 、 $3/T$ についてそれぞれ、 $k_A \cdot c_0$ 、 $k_A \cdot c_1$ 、 $k_A \cdot c_2$ 、 $k_A \cdot c_3$ と表わされる。同様に、デバイスBについては、 $k_B \cdot c_0$ 、 $k_B \cdot c_1$ 、 $k_B \cdot c_2$ 、 $k_B \cdot c_3$ と表わされる。これらのパワースペクトルはパワースペクトル測定手段6によって求められる。

【0050】ここで、デバイスA、Bの電源電流のパワースペクトルを、それぞれの電力量 W_A 、 W_B で規格化すると、デバイスAについては、

$$1/V, c_1/(c_0 V), c_2/(c_0 V), c_3/(c_0 V)$$

デバイスBについては、

$$1/V, c_1/(c_0 V), c_2/(c_0 V), c_3/(c_0 V)$$

と表される。これらの規格化されたパワースペクトルが規格化手段7で得られる。

【0051】デバイスA、Bの両者に故障がなければ両者に流れる電源電流は、 $i_A(t) = k_A i(t)$ 、 $i_B(t) = k_B i(t)$ で表わされ、 k_A 、 k_B の値如何では電源電流のパワースペクトルは両者で異なったものとなる。しかしながら、電力量で規格化されたパワースペクトルで比較することで、両者は一致する。

【0052】一方、何らかの故障があった場合、例えばデバイスAに故障があった場合、テスト信号の印加による電源電流は故障のない場合の電源電流 $i_A(t) = k_A i(t)$ とは異なる値となる。故障による電源電流への影響は通常、 $i(t)$ の変動として表わされ、 k_A の値への影響としては表われないため、電力量で規格化したパワースペクトルは正常時と比較して異なった値となる。

【0053】これによって、電源電流のパワースペクトルが異なった場合でも、それがデバイスの特性に由来するものか、あるいは故障に由来するものかを区別して故障検出を実施することが可能となる。この故障判定は評価判定手段9で実行される。

【0054】図6は本発明の第2の実施の形態による故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第2の実施の形態による故障検査装置は電力量観測手段8の代りに平均電流観測手段21を設けた以外は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の構成と同様であり、同一構成要素には同一符号を付してある。また、同一構成要素の動作は本発明の第1の実施の形態と同様である。

【0055】図7は本発明の第2の実施の形態による故障検査装置の動作を示すフローチャートである。これら図6及び図7を参照して、本発明の第2の実施の形態に

よる故障検査装置の動作について説明する。

【0056】平均電流観測手段21では被測定デバイス5に供給される電源電流の時間平均電流を主制御手段4の指令によって観測する(図7ステップS14)。観測した平均電流値は規格化手段7に送られる。

【0057】規格化手段7ではパワースペクトル測定手段6から送られてきた電源電流のパワースペクトル情報を、平均電流観測手段21から送られてきた平均電流値で規格化する(図7ステップS16)。規格化の方法は第1の実施の形態での規格化の方法と同様である。規格化されたパワースペクトルは評価判定手段9へ送られ、故障判定が実施される(図7ステップS17、S18)。

【0058】これ以外の動作については、第1の実施の形態の動作において説明した内容と同じである。すなわち、図4のステップS1～S3、S5、S7、S8と、図7のステップS11～S13、S15、S17、S18とはそれぞれ同じ処理動作である。

【0059】本発明の第2の実施の形態は本発明の第1の実施の形態と同様に、デバイスA、Bに流れる電源電流を $i_A(t)$ 、 $i_B(t)$ とする。両者の平均電流はフーリエ級数展開の結果を用いて、デバイスAについては、

$$kA \cdot c0 / 2^{1/2}$$

デバイスBについては、

$$kB \cdot c0 / 2^{1/2}$$

と表わされる。

【0060】これらの値を用いて両者のパワースペクトルを規格化すると、周波数0、 $1/T$ 、 $2/T$ 、 $3/T$ について、デバイスAは、

$$2^{1/2}, 2^{1/2} \cdot c1/c0, 2^{1/2} \cdot c2/c0, 2^{1/2} \cdot c3/c0$$

デバイスBは、

$$2^{1/2}, 2^{1/2} \cdot c1/c0, 2^{1/2} \cdot c2/c0, 2^{1/2} \cdot c3/c0$$

となる。

【0061】両者に故障がない場合、平均電流で規格化された電源電流のパワースペクトルは一致する。しかし、何らかの故障があって、電源電流が $i_A(t) = kA i(t)$ あるいは $i_B(t) = kB i(t)$ のように表わされない場合には、規格化されたパワースペクトルに差異を生じる。

【0062】そこで、予め故障のないデバイスの規格化されたパワースペクトルを用意しておき、被測定デバイスの電源電流のパワースペクトルを平均電流値で規格化された値を評価することで、故障の有無を判定することができる。

【0063】図8は本発明の第3の実施の形態による故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第3の実施の形態による故障検査装置は電

力量観測手段8をなくし、規格化手段7の代りに他の機能を追加した別の規格化手段7aを設けた以外は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の構成と同様であり、同一構成要素には同一符号を付してある。また、同一構成要素の動作は本発明の第1の実施の形態と同様である。

【0064】図9は本発明の第3の実施の形態による故障検査装置の動作を示すフローチャートである。これら図8及び図9を参照して、本発明の第3の実施の形態による故障検査装置の動作について説明する。

【0065】規格化手段7aではパワースペクトル測定手段6から電源電流のパワースペクトル観測結果を受取ると、パワースペクトルのうち周波数0、すなわち直流に対する電源電流のパワーを抽出し(図9ステップS25)、パワースペクトルをこの抽出したパワーで規格化する(図9ステップS26)。規格化したパワースペクトル情報は評価判定手段9へ送られる。これら一連の動作は中央制御手段4指令に基づいて実施される。

【0066】これ以外の動作については、本発明の第1の実施の形態の動作において説明した内容と同じである。すなわち、図4のステップS1～S3、S5、S7、S8と、図9のステップS21～S24、S27、S28とはそれぞれ同じ処理動作である。

【0067】本発明の第3の実施の形態は本発明の第1の実施の形態と同様に、故障のないデバイスAにテスト信号を印加した時に流れる電源電流を、

$$i_A(t) = kA i(t)$$

とし、同じく故障のないデバイスBに流れる電源電流を、

$$i_B(t) = kB i(t)$$

とする。

【0068】パワースペクトル測定手段6によるパワースペクトル測定結果はデバイスAについてその周波数が0、 $1/T$ 、 $2/T$ 、 $3/T$ に対し、 $kA \cdot c0$ 、 $kA \cdot c1$ 、 $kA \cdot c2$ 、 $kA \cdot c3$ である。一方、デバイスBについてはその周波数が0、 $1/T$ 、 $2/T$ 、 $3/T$ に対し、 $kB \cdot c0$ 、 $kB \cdot c1$ 、 $kB \cdot c2$ 、 $kB \cdot c3$ となる。

【0069】ここで、周波数0のスペクトルパワーの値はデバイスAについては $kA \cdot c0$ であり、デバイスBについては $kB \cdot c0$ である。よって、これらの値でそれぞれのパワースペクトルを規格化すると、デバイスAについては1、 $c1/c0$ 、 $c2/c0$ 、 $c3/c0$ が得られ、デバイスBについては1、 $c1/c0$ 、 $c2/c0$ 、 $c3/c0$ が得られる。

【0070】すなわち、故障のないデバイス同士では規格化されたパワースペクトルは一致する。一方、デバイスに何らかの故障が存在し、その電源電流が例えば $kA i(t)$ のように表わされず、故障により何らかの変動が $i(t)$ に生じた場合、規格化されたパワースペクトル

ルは故障のない場合と異なる結果となる。

【0071】つまり、故障のないデバイスの規格化されたパワースペクトルを規格値として予め準備しておき、これと比較することで、デバイス間の特性の差による電源電流への影響を除外し、故障による電源電流の変動を検出することが可能となり、故障の有無の検出をすることができる。

【0072】図10は本発明の第4の実施の形態による故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第4の実施の形態による故障検査装置は電力量観測手段8をなくし、規格化手段7の代りに他の機能を追加した別の規格化手段7bを設けた以外は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置の構成と同様であり、同一構成要素には同一符号を付してある。また、同一構成要素の動作は本発明の第1の実施の形態と同様である。

【0073】図11は本発明の第4の実施の形態による故障検査装置の動作を示すフローチャートである。これら図10及び図11を参照して、本発明の第4の実施の形態による故障検査装置の動作について説明する。

【0074】規格化手段7bはパワースペクトル測定手段6から送られたパワースペクトル情報を受取ると、パワースペクトル情報から周波数 $1/T$ に対するスペクトルパワー値を抽出し(図11ステップS35)、最後に抽出したスペクトルパワー値でパワースペクトル情報を規格化する(図11ステップS36)。規格化したパワースペクトル情報は評価判定手段9へ送られる。これら一連の動作は主制御手段4の指令に基づいて実施される。尚、抽出するスペクトルパワーは周波数 $1/T$ に限定せず、予め定められた他の周波数 n/T (n は自然数)でもよい。

【0075】これ以外の動作については、本発明の第1の実施の形態の動作において説明した内容と同じである。すなわち、図4のステップS1～S3、S5、S7、S8と、図11のステップS31～S34、S37、S38とはそれぞれ同じ処理動作である。

【0076】本発明の第4の実施の形態は本発明の第1の実施の形態と同様に、テスト信号を印加した時のデバイスAの電源電流は $i_A(t)$ で表され、デバイスBの電源電流は $i_B(t)$ で表される。本発明の第1～3の実施の形態ではデバイスの特性の差が電源電流に及ぼす影響の結果、

$$i_A(t) = k_A i(t)$$

$$i_B(t) = k_B i(t)$$

と表わされるとして説明している。この根拠は特性の差が電源電流に及ぼす影響は、単に互いに定数倍の関係になることが多いことによる。

【0077】しかしながら、デバイス間の特性の差が電源電流に及ぼす影響として直流電流に影響を及ぼすことがある。この場合、それぞれのデバイスの電源電流は、

$$i_A(t) = p_A + k_A i(t)$$

$$i_B(t) = p_B + k_B i(t)$$

で表わされる。つまり、テスト信号の印加に関係なく流れる電流とテスト信号の印加によって流れる電流とがあり、それぞれにデバイスの特性の差が及ぼす影響が相違する時に上記のように表記される。

【0078】この場合、電源電流のパワースペクトルはそれぞれをフーリエ級数展開すると、

$$i_A(t) = p_A + k_A \cdot c_k \cdot \sum \sin(2\pi \cdot k \cdot t/T)$$

$$i_B(t) = p_B + k_B \cdot c_k \cdot \sum \sin(2\pi \cdot k \cdot t/T)$$

となる。ここで、 \sum は $k=1$ から ∞ までの総和である。

【0079】よって、デバイスAについては周波数 0 、 $1/T$ 、 $2/T$ 、 $3/T$ について、 $p_A + k_A \cdot c_0$ 、 $k_A \cdot c_1$ 、 $k_A \cdot c_2$ 、 $k_A \cdot c_3$ となり、デバイスBについてはデバイスAと同様に、 $p_B + k_B \cdot c_0$ 、 $k_B \cdot c_1$ 、 $k_B \cdot c_2$ 、 $k_B \cdot c_3$ となる。

【0080】周波数 $1/T$ に対するスペクトルパワーはそれぞれ $k_A \cdot c_1$ 、 $k_B \cdot c_1$ であることから、これらの値でそれぞれのパワースペクトルを規格化すると、デバイスAについては $p_A / (k_A \cdot c_1) + c_0 / c_1$ 、 1 、 c_2 / c_1 、 c_3 / c_1 となり、デバイスBについては $p_B / (k_B \cdot c_1) + c_0 / c_1$ 、 1 、 c_2 / c_1 、 c_3 / c_1 となる。

【0081】ここで、規格化されたパワースペクトルにおいて周波数 0 に対する値を除外して比較すると、両者は一致していることがわかる。つまり、故障がないデバイス同士であれば、周波数 $1/T$ のスペクトルパワーでパワースペクトルを規格化し、周波数 0 以外の項について比較すれば、両者は一致することがわかる。尚、これは周波数 $1/T$ のスペクトルパワーの値で規格化した場合に限らず、周波数 0 以外のスペクトルパワーの値で規格化しても上記と同様の結果が得られる。

【0082】一方、デバイスに何らかの故障があった場合にテスト信号の印加による電源電流の変動が $i(t)$ に対する変動で表わされた場合、規格化したパワースペクトルも故障のないデバイスの規格化したパワースペクトルとは異なったものとなる。

【0083】つまり、予め故障のないデバイスにおける規格化したパワースペクトルを求めておき、被測定デバイスのパワースペクトルを周波数 $1/T$ で規格化したパワースペクトルと周波数 0 以外の項について比較することで、デバイス間の特性の差によらず、故障の有無を検出することが可能となる。

【0084】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図12は本発明の第1の実施例による故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第1の実施例による故障検査装置は本発明の第1の実施の形態による故障検査装置に対応してい

る。

【0085】すなわち、本発明の第1の実施例による故障検査装置はテスト(テスト信号発生ユニット)11と、電源ユニット12と、電源電流観測ユニット13と、メインコントローラ14と、被測定デバイス15と、スペクトルアナライザ16と、規格化ユニット17と、電力量計18と、評価判定ユニット19とから構成されている。

【0086】テスト11はメインコントローラ14の指示でテスト信号を発生する。テスト信号は論理信号だけでなく、アナログ信号及び両者の混在の場合がある。通常テスト信号の長さは有限であり、その時間はTである。しかしながら、本発明の第1の実施例によるテスト信号はこの長さTのテスト信号を連続的に繰返し発生する。そのため、発生したテスト信号は周期Tの周期性を持つ。

【0087】テスト11で発生されたテスト信号は被測定デバイス15の電源端子以外の入出力端子に供給される。電源ユニット12はメインコントローラ14からの指令によって定められた電圧を発生させる。発生された電圧は電源電流観測ユニット13と電力量計18とを介して被測定デバイス15の電源端子に供給される。

【0088】この電源は被測定デバイス15の動作に必要なものであり、特別な理由がない限りテスト信号の被測定デバイス15への印加よりも前に供給されていなくてはならない。被測定デバイス15に供給される電源電流の値は電源電流観測ユニット13においてメインコントローラ14の指示によって逐次観測され、電源電流値を示す信号としてスペクトルアナライザ16に送られる。電力量計18では電源電流の平均電力量を観測し、算出した電力量の時間平均結果はメインコントローラ14の指示によって規格化ユニット17に送付される。

【0089】スペクトルアナライザ16では電源電流観測ユニット13から送られた電源電流信号をメインコントローラ14の指示によって周波数スペクトル変換し、各周波数毎に電流の大きさを算出してパワースペクトルを得る。このパワースペクトルは規格化ユニット17に送付される。

【0090】規格化ユニット17ではメインコントローラ14の指示によってスペクトルアナライザから送られたパワースペクトルを、電力量計18から送られた電力量で規格化する。すなわち、パワースペクトルは周波数が $0, 1/T, 2/T, 3/T, \dots$ に対する電流の大きさを、その波高値で示したものであり、例えば、 $g_0, g_1, g_2, g_3, \dots$ とすれば、電力量がWであった場合、規格化によって $g_0/W, g_1/W, g_2/W, g_3/W, \dots$ となる。この電力量で規格化されたパワースペクトルは評価判定ユニット19へ送られる。

【0091】評価判定ユニット19ではメインコントローラ14の指示によって被測定デバイス15の故障の有

無を判定する。判定方法は、例えばメインコントローラ14から送られたリファレンスデータと許容範囲データとから規格化されたパワースペクトルが定められた範囲内に入っているか否かで判定する。判定結果はメインコントローラ14の指示によって出力され、被測定デバイス15の故障の有無を知らせる。

【0092】尚、本発明の第1の実施例による故障検査装置の詳細な動作及びその効果は上述した本発明の第1の実施の形態による故障検査装置と同様なので、それらの説明は省略する。また、上記の構成において、電源ユニット12、電源電流観測ユニット13、スペクトルアナライザ16、規格化ユニット17、電力量計18、評価判定ユニット19、メインコントローラ14の全てあるいは一部がテスト11に含まれていてもよい。

【0093】図13は本発明の第2の故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第2の実施例による故障検査装置は本発明の第2の実施の形態による故障検査装置に対応している。また、本発明の第2の実施例による故障検査装置は電力量計18の代りに平均電流計22を設けた以外は本発明の第1の実施例による故障検査装置と同様の構成となっており、同一構成要素には同一符号を付してある。さらに、同一構成要素の動作は本発明の第1の実施例と同様である。

【0094】平均電流計22ではメインコントローラ14の指示によって被測定デバイス15に供給される電源電流の時間平均電流を観測し、観測した結果を規格化ユニット17に送出する。規格化ユニット17ではスペクトルアナライザ16での観測結果を時間平均電流で規格化し、評価判定ユニット19に送出する。評価判定ユニット19では予め定められている規格値と比較することで被測定デバイス15の故障の有無を判定し、その判定結果を出力する。

【0095】尚、本発明の第2の実施例による故障検査装置の詳細な動作及びその効果は上述した本発明の第2の実施の形態による故障検査装置と同様なので、それらの説明は省略する。また、上記の構成において、電源ユニット12、電源電流観測ユニット13、スペクトルアナライザ16、規格化ユニット17、評価判定ユニット19、メインコントローラ14、平均電流計22の全てあるいは一部がテスト11に含まれていてもよい。

【0096】図14は本発明の第3の故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第3の実施例による故障検査装置は本発明の第3の実施の形態による故障検査装置に対応している。また、本発明の第3の実施例による故障検査装置は電力量計18を除去し、規格化ユニット17の代りに別の機能を有する規格化ユニット17aを設けた以外は本発明の第1の実施例による故障検査装置と同様の構成となっており、同一構成要素には同一符号を付してある。さらに、同一構成要素の動作は本発明の第1の実施例と同様である。

【0097】規格化ユニット17aではスペクトルアナライザ16から送られた被測定デバイス15の電源電流のパワースペクトル情報を受取ると、パワースペクトル情報から周波数0に対するスペクトルパワー情報を抽出し、抽出したスペクトルパワー情報を用いてパワースペクトルを規格化する。規格化ユニット17aは規格化したパワースペクトル情報を評価判定ユニット19に送付する。ここで、これら一連の動作はメインコントローラ14の指令によって実施される。

【0098】尚、本発明の第3の実施例による故障検査装置の詳細な動作及びその効果は上述した本発明の第3の実施の形態による故障検査装置と同様なので、それらの説明は省略する。また、上記の構成において、電源ユニット12、電源電流観測ユニット13、スペクトルアナライザ16、規格化ユニット17a、評価判定ユニット19、メインコントローラ14の全てあるいは一部がテスト11に含まれていてもよい。

【0099】図15は本発明の第4の故障検査装置の構成を示すブロック図である。図において、本発明の第4の実施例による故障検査装置は本発明の第4の実施の形態による故障検査装置に対応している。また、本発明の第4の実施例による故障検査装置は電力量計18を除去し、規格化ユニット17の代りに別の機能を有する規格化ユニット17bを設けた以外は本発明の第1の実施例による故障検査装置と同様の構成となっており、同一構成要素には同一符号を付してある。さらに、同一構成要素の動作は本発明の第1の実施例と同様である。

【0100】規格化ユニット17bではスペクトルアナライザ16から被測定デバイス15の電源電流のパワースペクトル観測結果を受取ると、パワースペクトルから周波数1/Tに対するスペクトルパワー値を抽出し、スペクトルパワー値をもってパワースペクトルを規格化する。規格化ユニット17bは規格化したパワースペクトルのうち、周波数0に対する項を除去して評価判定ユニット19へ送付する。これら一連の動作はメインコントローラ14の指令によって実施される。

【0101】尚、本発明の第4の実施例による故障検査装置の詳細な動作及びその効果は上述した本発明の第4の実施の形態による故障検査装置と同様なので、それらの説明は省略する。また、上記の構成において、電源ユニット12、電源電流観測ユニット13、スペクトルアナライザ16、規格化ユニット17b、評価判定ユニット19、メインコントローラ14の全てあるいは一部がテスト11に含まれていてもよい。

【0102】このように、テスト信号を印加した時の被測定デバイスの電源電流のパワースペクトルを電源電流の時間平均電力量、または時間平均電流値、あるいはパワースペクトルのうちの周波数0のスペクトルパワー値や周波数1/Tのスペクトルパワー値で規格化することによって、デバイス間に存在する特性の相違による電源

電流のパワースペクトルの変動を相殺することができ、真に故障の存在による電源電流のパワースペクトルの変動を検出することができる。よって、本発明では高精度な故障検査を実現することができる。

【0103】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、集積回路を動作させた時の電源電流において故障による異常電源電流の存在を検出することで集積回路の故障を検査する際に、所定の電源電圧を発生して被測定デバイスの電源端子に電源電流を供給し、予め設定された長さTのテスト信号を間断なく連続的に発生させて被測定デバイスの入出力端子に供給し、被測定デバイスに供給される電源電流の大きさを逐次観測しかつその電源電流値に基づいた観測信号を生成し、観測信号に基づいて電源電流のパワースペクトルを算出し、その算出されたパワースペクトルを被測定デバイスに供給する電源電流の供給量に応じて規格化して規格化パワースペクトルを計算し、規格化パワースペクトルを所定の1つ以上の周波数において予め用意した規格値と比較しかつどの周波数において規格化パワースペクトルが規格値の範囲に入るかを調査してその頻度を算出し、頻度と所定の閾値とから被試験デバイスの故障の有無を判定することによって、製造条件が変動しても正確に故障検査を行うことができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1のテスト信号発生印加手段の構成を示すブロック図である。

【図3】図1の主制御手段の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態による故障検出装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1の実施の形態による故障検出装置の観測値の評価方法の具体例を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態による故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態による故障検出装置の動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第3の実施の形態による故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態による故障検出装置の動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第4の実施の形態による故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の第4の実施の形態による故障検出装置の動作を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第1の実施例による故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図13】本発明の第2の故障検出装置の構成を示すブ

ロック図である。

【図14】本発明の第3の故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図15】本発明の第4の故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図16】従来例による故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【図17】従来例による故障検出装置の動作を示すフローチャートである。

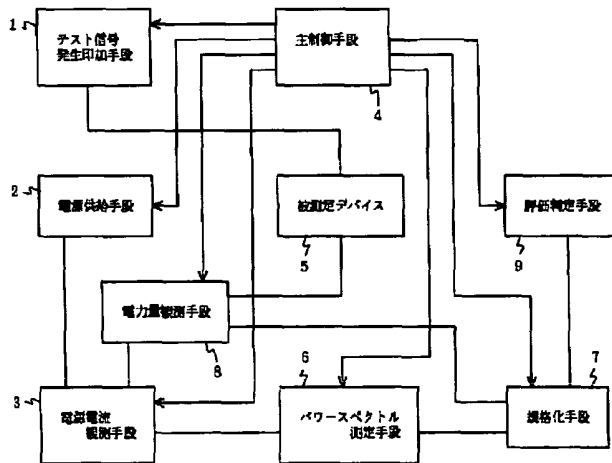
【符号の説明】

- 1 テスト信号発生印加手段
- 2 電源供給手段
- 3 電源電流観測手段
- 4 主制御手段
- 5、15 被測定デバイス
- 6 パワースペクトル測定手段
- 7、7 a、7 b 規格化手段
- 8 電力量観測手段

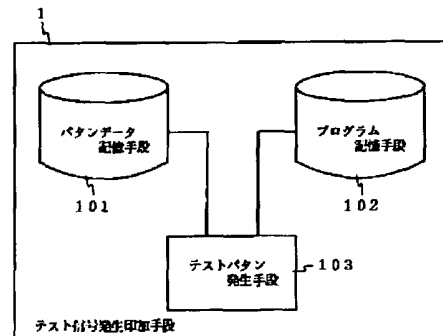
9 評価判定手段

- 11 テスタ
- 12 電源ユニット
- 13 電源電流観測ユニット
- 14 メインコントローラ
- 16 スペクトルアナライザ
- 17、17 a、17 b 規格化ユニット
- 18 電力量計
- 19 評価判定ユニット
- 21 平均電流観測手段
- 22 平均電流計
- 101 パターンデータ記憶手段
- 102 プログラム記憶手段
- 103 テストパターン発生手段
- 104 制御プログラム記憶手段
- 105 制御データ記憶手段
- 106 中央処理実行手段

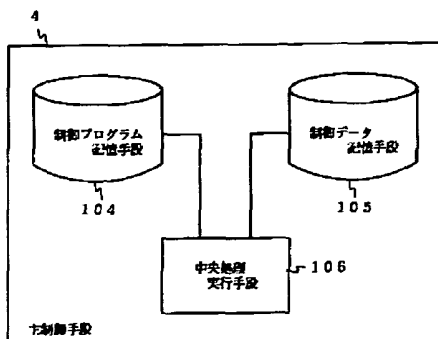
【図1】



【図2】



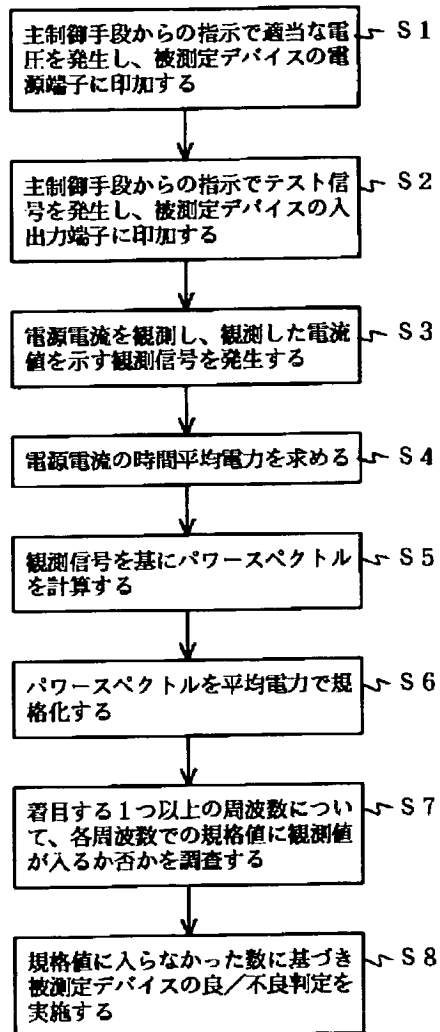
【図3】



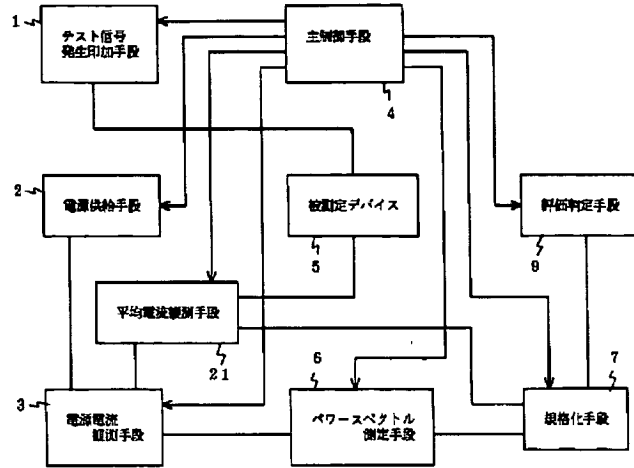
【図5】

評価対象品検査	基準値	観測値	判定
P1	10.0±0.5	10.1	○
P2	12.3±0.6	11.5	×
P3	8.2±0.1	7.9	×
P4	21.6±1.0	22.1	○
P5	0.30±0.02	0.28	○

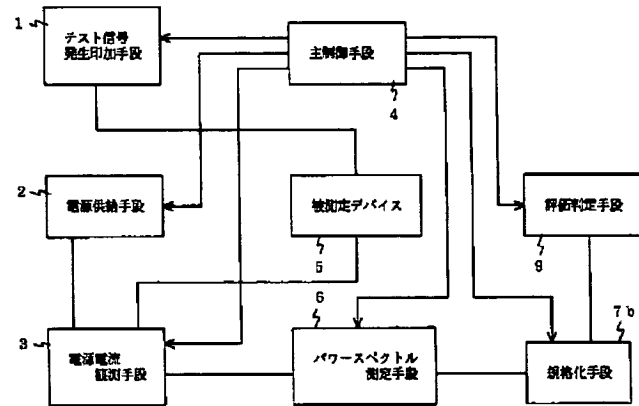
【図4】



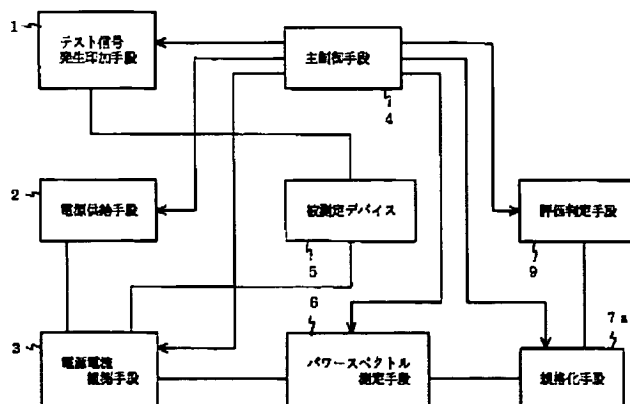
【図6】



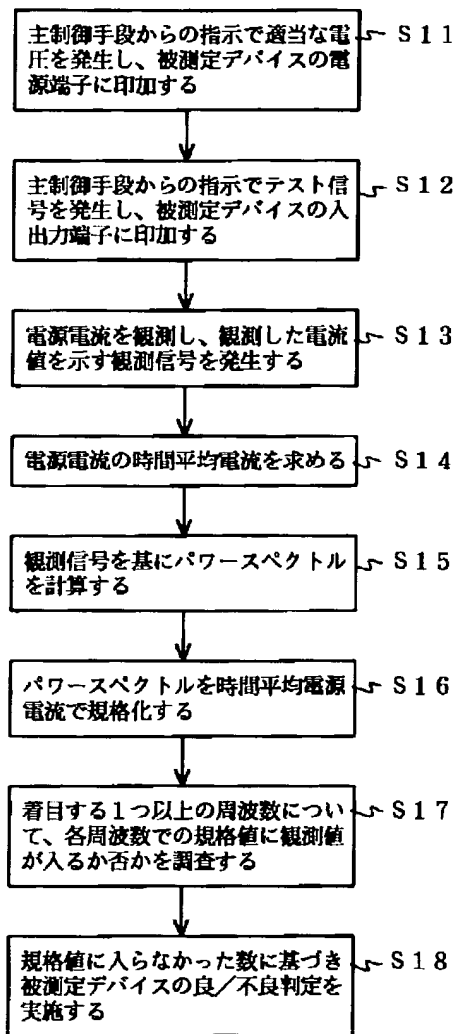
【図10】



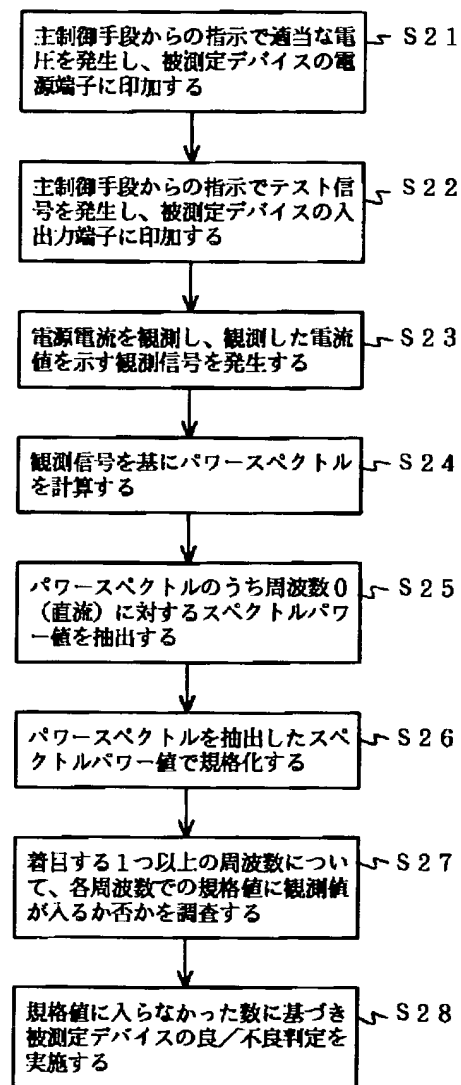
【図8】



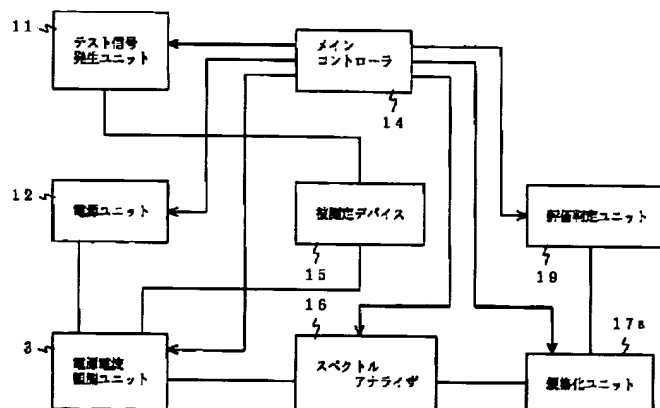
【図7】



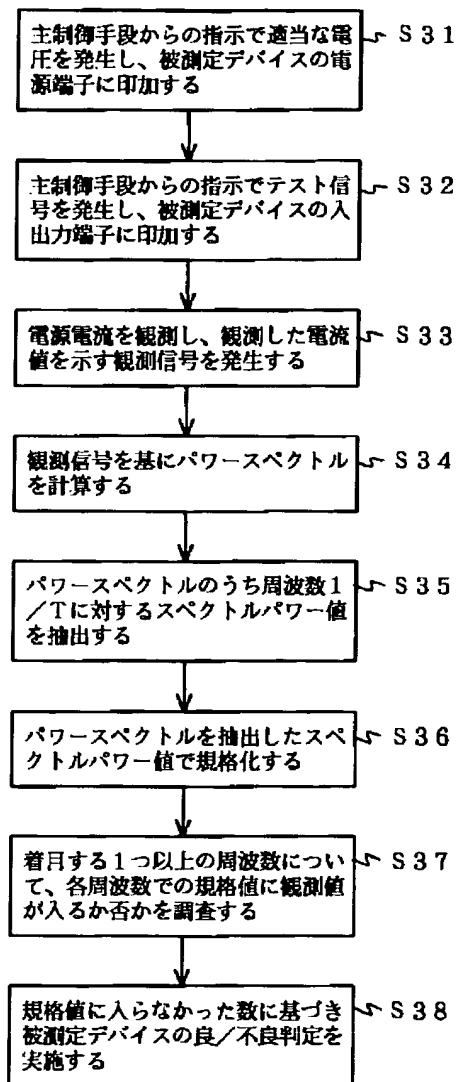
【図9】



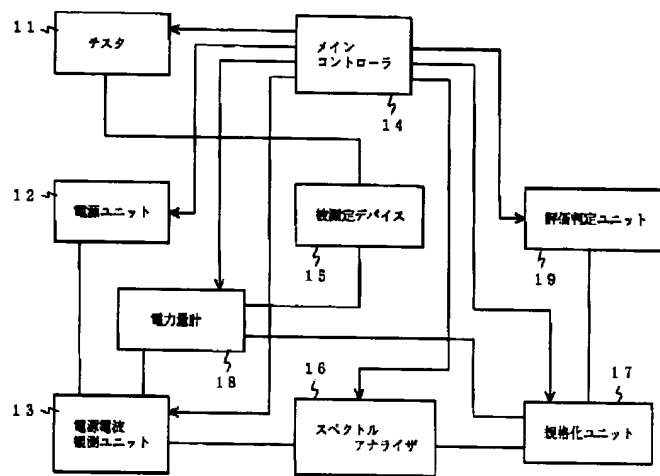
【図14】



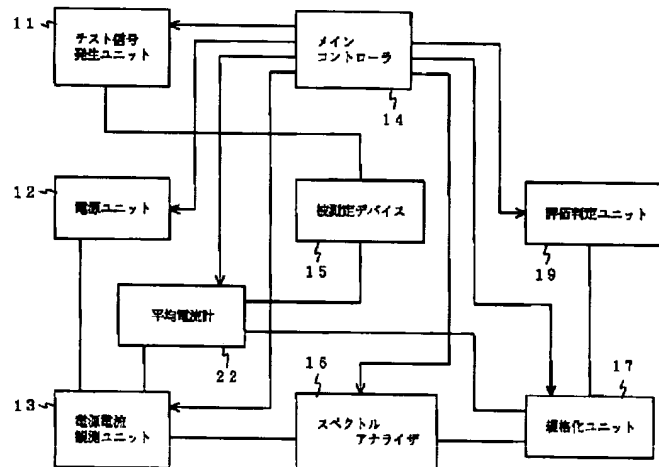
【図11】



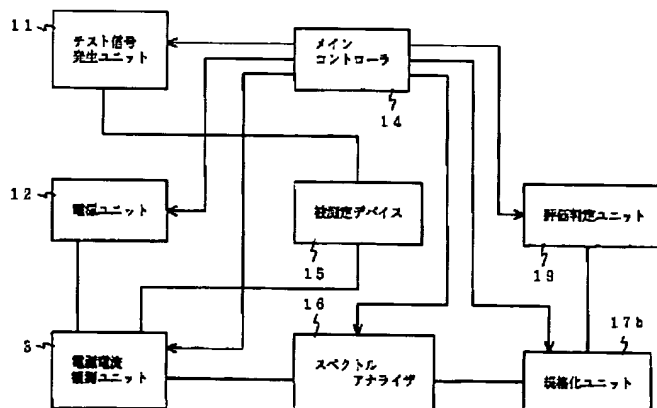
【図12】



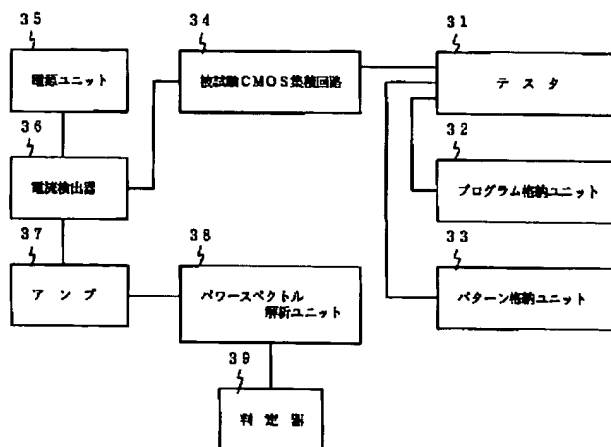
【図13】



【図15】



【図16】



【図17】

